

(43)公表日 平成13年9月4日(2001.9.4)

テ-マ-ト (参考)

審查請求 未請求 予備審查請求 有 (全 18 頁)

(71)出願人 ザ チャールズ スターク ドレイパー  
ラボラトリー インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国 02139 マサチューセッ  
ツ州 ケンブリッジ テクノロジー スク  
ウェア 555

(72)発明者 ウォード, ボール, エー.  
アメリカ合衆国 02131 マサチューセッ  
ツ州 ロスリンデール ダーネル アベニ  
ュー 200

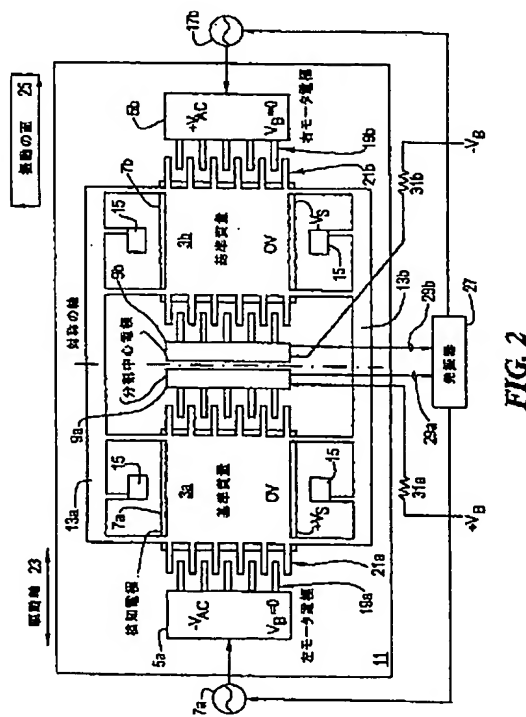
(74)代理人 弁理士 秋元 輝雄

[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 分割電極を有する音叉ジャイロ

(57) 【要約】

2つの中心電極(9 a, 9 b)を有する微小機械式音叉ジャイロスコープである。この2つの中心電極は逆極性のバイアス電位で励起される。逆極性にバイアスされた中心電極は、ジャイロスコープに電気的対称性を与え、これにより電荷遷移と、垂直変換に対する感度とを低減する。基準質量(3 a, 3 b)に対し直接注入される電流は、大きさが等しく逆極性であるため、相殺される。基準質量と噛み合った電極とに作用するモータ上昇力は等しく、それ故、基準質量は純粋変換で移動し、これにより同相バイアスが低減される。更に、ジャイロスコープの面に直交する如何なる純粋変換も検知電極出力信号に影響しない。



## 【特許請求の範囲】

1. 発振する部材の位置を検出する装置であって、  
前記部材に近接して基板上に配置された第1の検知電極と、  
前記第1の検知電極に印加される第1のバイアス電位と、  
前記基板上に配置された第2の検知電極と、  
前記第2の検知電極に印加される第2のバイアス電圧とを備え、  
前記第2のバイアス電圧は、前記第1のバイアス電圧と大きさが等しく、極性が逆であることを特徴とする装置。
2. 請求項1の装置において、前記部材は、前記第1の検知電極の櫛形電極と噛合う櫛形電極を有した第1の基準質量であることを特徴とする装置。
3. 請求項2の装置において、前記第2の検知電極の櫛形電極と噛合う櫛形電極を有した第2の基準質量を備えることを特徴とする装置。
4. 請求項3の装置において、前記第1及び第2の電極の櫛形電極と噛合う櫛形電極を有した第2の基準質量を備え、前記第1の基準質量の櫛形電極もまた前記第1及び第2の電極の櫛形電極と噛合うことを特徴とする装置。
5. 請求項4の装置において、前記第1及び第2のバイアス電位は、AC、DC、またはAC+DCであることを特徴とする装置。
6. 請求項5の装置において、前記位置を検出する装置は、前記位置を検出する装置を第1及び第2の部分に等分する軸のそれぞれの側方で電気的に対称であり、第1の部分は第1の中心電極を有し、第2の部分は第2の中心電極を有することを特徴とする装置。
7. 請求項6の装置において、前記モータ電極におけるDC電位はゼロボルトであることを特徴とする装置。
8. 請求項1の装置において、前記発振する部材に近接して前記基板上に配置された第1及び第2の分割モータ電極を備えることを特徴とする装置。
9. 慣性入力を計測するための微小機械式音叉ジャイロスコープであって、  
基板と、  
前記基板上に対称的に配置された第1及び第2の検知電極と、

前記第1及び第2の検知電極上にそれぞれ配置された少なくとも第1及び第2の基準質量であって、その内側及び外側側面から延長された櫛形電極を有する第1及び第2の基準質量と、

前記基板上に対称的に配置された第1及び第2のモータ電極であって、前記第1及び第2の基準質量の外側櫛形電極と噛合う櫛形電極を有した第1及び第2のモータ電極と、

前記基板上に対称的に配置され、逆向きにバイアスされた第1及び第2の中心電極であって、少なくとも1つが噛合った櫛形電極によって前記第1の基準質量と結合して前記第1の基準質量の速度を指示する帰還信号を与える第1及び第2の中心電極と

を備えることを特徴とする音叉ジャイロスコープ。

10. 請求項9の音叉ジャイロスコープにおいて、前記第1の中心電極の櫛形電極は前記第1の基準質量の櫛形電極と噛合い、前記第2の中心電極の櫛形電極は前記第2の基準質量の櫛形電極と噛合うことを特徴とする音叉ジャイロスコープ。

11. 請求項10の音叉ジャイロスコープにおいて、前記第1の中心電極は前記第2の基準質量の櫛形電極の一部と噛合う櫛形電極を有し、前記第2の中心電極は前記第1の基準質量の櫛形電極の一部と噛合う櫛形電極を有することを特徴とする音叉ジャイロスコープ。

12. デバイス上の少なくとも1つの発振する質量の発振運動を検知するための方法であって、

偶数の発振運動検知素子を提供するステップと、

前記発振運動検知素子の等数の第1及び第2のグループを逆極性の第1及び第2の電位でバイアスするステップと、

少なくとも1つの発振する質量の発振運動を少なくとも1つの発振運動検知素子で検知するステップと

を備えることを特徴とする方法。

13. 請求項12の方法において、前記デバイスの第1及び第2の半分の間に

電氣的な対称性を与えるように前記発振運動検知素子を配置するステップを備えることを特徴とする方法。

14. 請求項13の方法において、前記デバイスは音叉ジャイロスコープであり、前記発振する質量は基準質量であり、前記提供するステップは第1及び第2の中心電極を提供するステップを含むことを特徴とする方法。

15. 請求項14の方法において、前記音叉ジャイロスコープは櫛形電極を有する第1及び第2の基準質量を備え、前記第1及び第2の中心電極は櫛形電極を有し、前記バイアスするステップはAC、DCまたはAC+DC電位を前記第1及び第2の中心電極に印加するステップを含むことを特徴とする方法。

16. 請求項15の方法において、前記配置するステップは、前記第1の中心電極の櫛形電極と前記第1の基準質量の櫛形電極を噛合わせ、また前記第2の中心電極の櫛形電極と前記第2の基準質量の櫛形電極を噛合わせることを特徴とする方法。

17. 請求項15の方法において、前記配置するステップは、

前記第1の中心電極の櫛形電極の第1の半分と前記第1の基準質量の櫛形電

極の半분을噛合わせ、

前記第1の中心電極の櫛形電極の第2の半分と前記第2の基準質量の櫛形電極の半분을噛合わせ、

前記第2の中心電極の櫛形電極の第1の半分と前記第1の基準質量の櫛形電極の半분을噛合わせ、

前記第2の中心電極の櫛形電極の第2の半分と前記第2の基準質量の櫛形電極の半분을噛合わせることを特徴とする方法。

18. 請求項12の方法において、少なくとも第1及び第2の小部分を有する少なくとも1つの分割電極によって、前記少なくとも1つの発振する質量に発振運動を与えるステップを更に備えることを特徴とする方法。

19. 請求項18の方法において、前記第1及び第2の小部分のそれぞれに、大きさが等しく逆極性の電位を与えるステップを更に備えることを特徴とする方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 発明の名称

分割電極を有する音叉ジャイロ

関連出願との相互参照

適用しない

連邦補助研究または開発に関する表明

適用しない

## 発明の背景

図1に示されるような微小機械式音叉ジャイロスコープは既知である。この音叉ジャイロスコープは、ガラス基板の上方に支持たわみ体によって懸架されたシリコンの基準質量と、この基準質量を発振させるために使用される櫛形電極とを備える。面からの容量変化を示すことによってコリオリ運動を検出するために、金属性の検知電極が基準質量の下方のガラス上に配置される。音叉ジャイロスコープはこのように動作するので、より正確にレートを表示する出力を与えるために、発振の振幅は所定の定数に保たれることが望ましい。

音叉ジャイロスコープの発振するモータの振幅は、典型的には単一の容量性面内ピックオフ（「中心電極」）に接続された従来のサーボループによって制御される。この技術では、モータの位置は、DC電圧でバイアスされた中心電極上の電荷の変化を検出することによって、比例する電圧に変換される。結果として生ずるモータ位置信号は増幅され、全波整流器によって検出される。この整流器出力はそれから濾過され、そして濾過された電圧は基準電圧と比較され、その差は誤差電圧を形成する。この誤差電圧はそれから、モータ振幅を所定の定数に調整するためのループ制御器を使用してモータ駆動振幅を制御するために使用される。しかしながら、この特別な技術は潜在的な欠点を有する。

従来のサーボループ技術は、中心電極にいくつかの不安定性を有する。DCバイアスされた中心電極の感度は、中心電極下方のガラス基板上へのスプリアス（擬似）電荷蓄積に起因して時間的に緩やかに変化する。この電荷がガラス上に蓄積すると、中心電極の感度は修正される。これに応答して、ループ制御器は補

償するための修正した駆動力を必要とする。その結果はモータ振幅の遷移となり、基板電荷が蓄積するにつれて振幅は時間的に変化する。このことは、システム内の振幅とコリオリの力との関係によって、そうでない場合に可能なものに比べて精度を低下させる。

#### 発明の簡単な要約

本発明に係る音叉ジャイロスコープは、複数の中心及び外側電極を備える。全体の基準質量構造は、一連のビーム及びたわみ体によって接続された2つの独立した、右及び左の質量を備える。基準質量構造中に注入された電荷は、それによってコリオリの力が計測されるメカニズムとなる。中心及び外側モータの複数性は、相対的な基準質量の振幅及び／又は位相の不均一性から生ずる、全体の基準質量構造中への電荷注入を最小化しながら、基準質量運動の生成と検出を可能にする。基準質量のそれぞれに分割された中心及び外側モータ電極を与える電極構成を形成することによって、相対的な振幅又は位相の不一致から生ずる誤差が排除される。独立した中心及び外側モータ電極の各組に対して、大きさが等しく逆極性の電位の励起を与えることによって、各質量はそれ自身の運動から生じた電荷を相殺し、これにより同相バイアス誤差を低減し、またダイナミック・レンジに関する制限を最小化する。各基準質量は、大きさが等しく逆極性の電位を有する独立した分割中心電極及び分割外側電極と相互作用するので、振幅の不一致誤差から全体の基準質量構造中に生じた正味の電荷は、最小化される。

中心電極及び外側電極の双方を分割することは、左右の基準質量間の振幅の不一致によって基準質量中に注入された電荷に起因した誤差に対するジャイロの感度を減少させる。電荷注入は、各基準質量が、基準質量運動の静電力および検出の双方を与えるために使用される励起と相互作用することから生ずる。正味の

電荷注入は、右基準質量と左基準質量から生成された電荷が、等しく逆極性でない場合に発生する。これは、左右の基準質量の発振変位が振幅及び／又は位相において不一致である場合の現行の条件である。中心及び外側電極を等しく分割し、且つ逆の大きさの励起を与えることによって、各基準質量はそれ自身の運動に固有の電荷を相殺し、これにより同相バイアス誤差及びダイナミック・レンジ制

限を低減することができる。

中心電極は基板荷電効果を低減し、また逆極性にバイアスされた等しい数の中心電極を与えることによって、望ましくないモータ上昇力を低減する。中心電極は、音叉ジャイロスコープを横断して電氣的対称性を与えるように配置される。この対称性のために、中心電極によって基板中に誘起された電圧は大きさが等しく逆極性となり、同相での基板荷電効果は低減される。更に、基準質量中に直接注入された電流は、大きさが等しく逆極性であるため、相殺する傾向にある。この結果、モータ上昇力は等しくなり、基準質量は純粋変換で移動し、これにより同相バイアスは低減される。基準質量中に注入された正味の電流は、ジャイロスコープの出力信号となる。この電流は、アンカーを通して、電荷（電流の積分）を出力電圧に変換する伝達インピーダンス増幅器に流入する。この伝達インピーダンス増幅器は、基準質量を仮想アースに保つ。電氣的対称性を保つことは、同相運動による、また基板に直交する共通モードの基準質量変換による、さらには電荷遷移による、誤差信号を大幅に減少させる。検知電極に対する逆極性のバイアスによって、所望のジャイロスコープ出力は差動垂直変位となる。

#### 図面における複数の図の簡単な説明

本発明は、以下の図面の詳細な説明に照らしてより十分に理解される。図面において、

図 1 は、従来の音叉ジャイロスコープの図、

図 2 は、複数の中心電極を有する音叉ジャイロスコープの図、

図 3 は、図 2 の音叉ジャイロスコープの代替構成、

図 4 及び 5 は、モータバイアスを印加するための回路を示す、

図 6 は、複数の外側モータ電極を有する音叉ジャイロスコープの図である。

#### 発明の詳細な説明

微小機械式音叉ジャイロスコープが図 2 に示されている。この音叉ジャイロスコープは、第 1 及び第 2 の基準質量 3 a , 3 b と、第 1 及び第 2 のモータ電極 5 a , 5 b と、第 1 及び第 2 の検知電極 7 a , 7 b と、第 1 及び第 2 の中心電極 9 a , 9 b と、基板 1 1 とを備える。中心電極、検知電極およびモータ電極は基

板上に配置されている。基準質量は、たわみ体13a, 13bによって支持されて、検知電極の上側に配置されている。このたわみ体は、基板のアンカー点15に取り付けられていて、基準質量が検知電極に対して移動することを可能にする。各基準質量は、その第1及び第2の側面から外側に延びた櫛を有する。中心電極及びモータ電極もまた櫛を有する。モータ電極5aの櫛は基準質量3aの櫛と噛み合い、中心電極9aの櫛は基準質量3aの櫛と噛み合う。中心電極9bの櫛は基準質量3bの櫛と噛み合い、モータ電極5bの櫛は基準質量3bの櫛と噛み合う。

この音叉ジャイロスコープの動作は電気機械的である。時間的に変化する駆動信号17a, 17bは、モータ電極5a, 5bにそれぞれ供給される。この駆動信号は、モータ電極5a, 5bおよび基準質量3a, 3bにそれぞれ取り付けられた、噛み合った櫛19a, 19b, 21a, 21bの間に静電結合を生成し、そしてモータ駆動軸23に沿って発振する力を基準質量に与える。この発振する力は、基準質量を振動の面25内で発振させる。回転レートのような慣性入力に応答して、基準質量は振動の面から偏位する。振動の面から外れた偏位の結果として生ずる、検知電極と隣接する基準質量との間の容量の変化が測定できるように、検知バイアス+V, -V, がそれぞれ検知電極7a, 7bに印加され、検知電極7a, 7bと基準質量3a, 3bとの間の電位が安定化される。

音叉ジャイロスコープによる慣性入力の測定は、コリオリの力の原則に基づいている。

$$F_c = 2m\vec{\Omega} \times \vec{V} \quad (1)$$

ここで、

m は質量

$\vec{V}$  は基準質量速度

$\vec{\Omega}$  は入力レート



である。音叉ジャイロスコープにとって、質量と速度は既知である。それ故、慣性入力運動は、基準質量と検知電極との間の電荷変化に基づいて測定できる。しかしながら、正確な結果を求めるためには、基準質量速度を一定に保つことが重要である。

検知電極 9 a , 9 b の少なくとも 1 つから基準質量速度を測定するために、そしてそれに応答して駆動信号 17 a , 17 b を変化させて速度変化を補償するために、発振器回路 27 が使用される。帰還信号 29 a , 29 b を通して基準質量速度の測定を容易にするために、バイアス電位  $+V_b$  ,  $-V_b$  がそれぞれ中心電極 9 a , 9 b に印加される。このバイアス電位  $+V_b$  ,  $-V_b$  は、抵抗 31 a , 31 b を介して中心電極 9 a , 9 b に結合される。振動の面内の基準質量の変位によって生じる電荷変化は検出され、そして帰還に使用される。バイアス電位  $+V_b$  ,  $-V_b$  は、D C 電圧、A C 電圧または A C + D C 組合せ電圧である。更に、これらのバイアス信号は大きさが等しく、極性が逆である。モータ・バイアスを印加するための回路が図 4 及び 5 に示されている。図 4 では、バイアスは D C だけであるが、図 5 では A C または D C または A C + D C が好ましい。

基準質量と隣接する中心電極との間の変化する接近は電荷変化をもたらすものであるが、これは噛み合った櫛の静電結合を通して表示される。基準質量が発振すると、接近は時間と共に変化する。その結果、噛み合った櫛形電極間の電位は時間と共に変化する。中心電極からの帰還信号の電位の変化率は、かくして基準質量速度を表示するものとなる。基準質量速度を一定に保つために、帰還信号

は基準信号と比較され、そして比較結果は駆動信号の調整に使用される。

逆極性でバイアスされた中心電極は、音叉ジャイロスコープの左側および右側に電氣的対称性を与えることによって、望ましくない基板荷電効果を低減する。対称性は、音叉ジャイロスコープに印加された各バイアスに対して大きさが等しく極性が逆の他の 1 つのバイアスが存在する場合に、そしてこのジャイロスコープを大きさの等しい電氣的特性が逆の 2 つの領域に等分できる場合に、存在する。中心電極に印加された逆極性にバイアスされた信号が相殺する傾向にあるので、対称性は電荷遷移効果と垂直変換に対する感度とを低減する。例えば、バイ

アス電位によってジャイロスコープ基板に誘導される電圧は、同相バイアスでの基板荷電効果が低減されるように、大きさが等しく極性が逆である。更に、基準質量と噛み合った櫛形電極とに作用するモータ上昇力は等しく、それ故に基準質量は純粋変換で移動し、かくして同相バイアスは低減される。対称性のもう1つの利点は、ジャイロスコープの面に直交する純粋変換が検知軸出力を生じないことである。かくして、検知電極出力は実際の慣性モーメントを反映するだけである。基準質量中に注入された正味の電流は、ジャイロスコープの出力信号となる。この電流は、アンカーを通して、電荷（電流の積分）を出力電圧に変換する伝達インピーダンス増幅器に流入する。この伝達インピーダンス増幅器は、基準質量を仮想アースに保つ。電氣的対称性を保つことは、同相運動による、また基板に直交する共通モードの基準質量変換による、さらには電荷遷移による、誤差信号を大幅に低減する。検知電極に対する逆極性のバイアスによって、所望のジャイロスコープ出力は差動垂直変位となる。これらの理由のために、中心電極は基板上に対称に配置される。

図3は、代替の中心電極構成を示している。この代替実施例では、中心電極9a, 9bのそれぞれは、基準質量3a, 3bの櫛形電極37, 39とそれぞれ噛み合う櫛形電極33a, 33b, 35a, 35bの第1及び第2のそれぞれの組を有する。即ち、各中心電極は両方の基準質量と相互作用する。前述した実施例で述べたように、帰還信号41, 43を通して基準質量速度の測定を容易にするために、中心電極はそれぞれ、そこに印加されたバイアス電位 $+V_1$ ,  $-V_1$ を有する。このバイアス電圧は、DC電圧、AC電圧またはDC+AC組合せ電

圧である。各中心電極は両方の基準質量の速度の測定値を与えるので、中心電極の一方からの単一の帰還信号が、基準質量速度を一定に保つために、発信器回路で使用される。この代わりに、基準質量速度の指示を与えるために、各中心電極からの帰還信号の差動読取り値45が使用できる。中心電極のそれぞれは両基準質量と相互作用するので、中心電極を通して基準質量に注入された電流は大きさが等しく極性が逆になり、かくして効果的に相殺される。

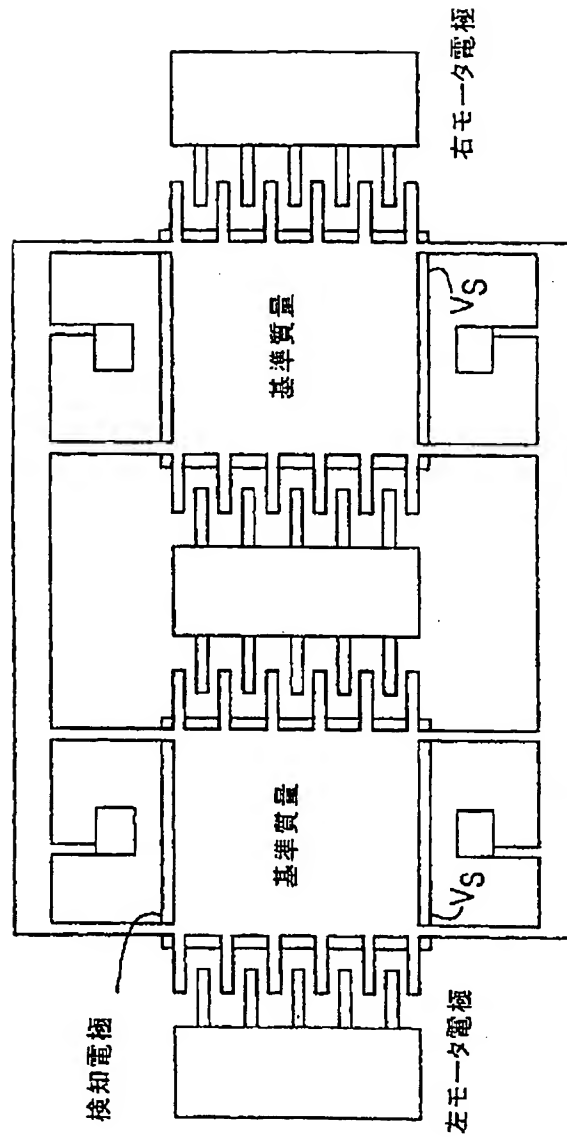
他の1つの代替実施例が図6に示されている。この実施例では、中心電極9

a, 9 b は、図 3 に関して説明したように、分割されている。加えて、このジャイロは、分割左モータ電極 38 a, 38 b と分割右モータ電極 38 c, 38 d を含んでいる。対称性を達成するために、+ V A C が電極 38 a, 38 c に印加され、また - V A C が電極 38 b, 38 d に印加されている。

上記説明から明らかなように、本発明は、発振する質量の発振運動を検知するための方法を規定している。発振運動の検知は、偶数の発振運動検知素子を提供し、前記発振運動検知素子の等数の第 1 及び第 2 のグループを逆極性の第 1 及び第 2 の電位でバイアスし、少なくとも 1 つの発振する質量の発振運動を少なくとも 1 つの発振運動検知素子で検知することを含んでいる。発振運動検知素子を逆極性の信号でバイアスされた等しいグループに配置することによって、このデバイスの他の素子中への浮遊電流及び電圧の注入が相殺されやすくなる。このような注入は典型的には噛み合った櫛形電極を通してのものであり、そして発振運動検知素子の配列は、各素子が 1 つの発振する質量だけに結合するようものであるか、あるいは各素子が 1 より多くの発振する質量に結合するようものである。配列に依存して、デバイスの対称性は上述したように変化する。それ故に、偶数の電極によって注入される電流をバランスさせる方法は、回転振動式ジャイロスコープにも適用される。

開示された実施例から種々の変形または修正がなされることが理解されるべきである。従って、本発明は、添付の請求の範囲の精神及び範囲を除いて制限されるものとみなされるべきではない。

【 図 1 】



**FIG. 1**  
先行技術

【 図 2 】

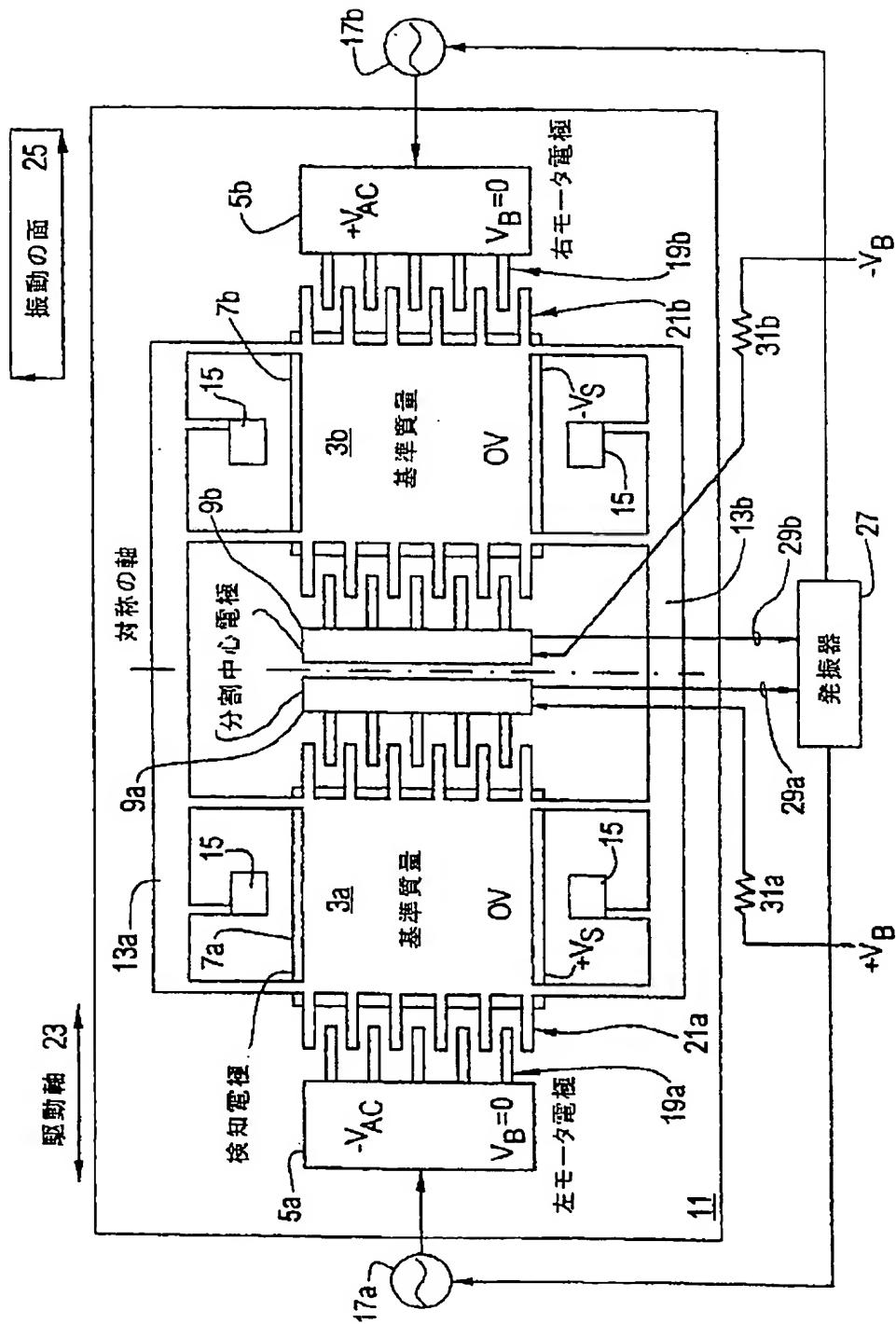
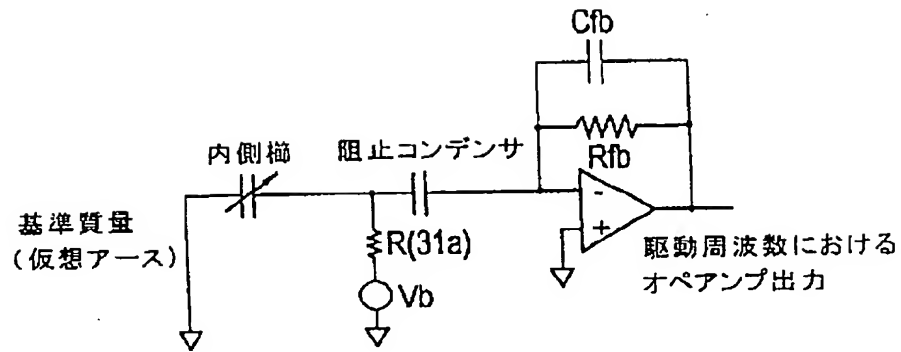


FIG. 2

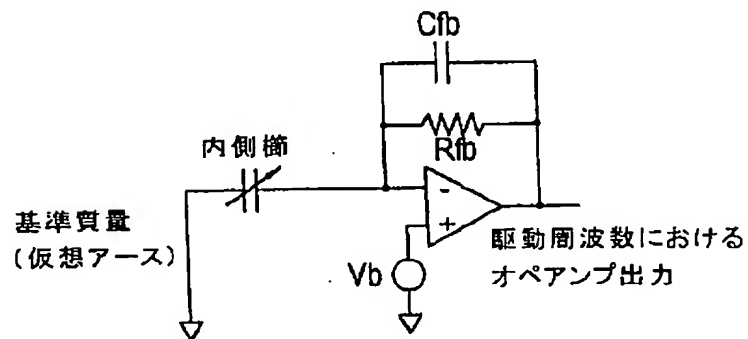


【 図 4 】

**FIG. 4**

固定電圧と阻止コンデンサでモータ検知極をバイアスする

【 図 5 】

**FIG. 5**

プリアンプの非反転入力に印加された電圧でモータ検知極をバイアスする





【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US98/03618

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>																				
IPC(6) : G01C 19/00 US CL : 73/504.16																				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>																				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)																				
U.S. : 73/504.16, 504.12, 504.02, 514.32, 514.29, 514.18, 514.16, 514.15; 310/370, 309; 361/280																				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																				
MAYA, APS, IMAGE search terms: micromechanical, tuning fork, gyro, coriolis																				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>																				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
A	US 5,604,312 A (LUTZ) 18 FEBRUARY 1997, (18/02/97) figure 3, column 2, line 60 through column 3, line 15.	1-19																		
A	US 5,349,855 A (BERNSTEIN et al) 27 SEPTEMBER 1994, (27/09/94) figures 1A-1D, column 4, line 50 through column 7, line 60.	1-19																		
X,P	US 5,635,638 A (GEEN) 03 JUNE 1997, (03/06/97) figure 4, column 2, lines 40-60; column 4, lines 15-45.	1-19																		
A,E	US 5,728,936 A (LUTZ) 17 MARCH 1998, (17/03/98) figure 5, column 5, lines 25-60.	1-19																		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.																				
<table border="0"> <tr> <td>* Special categories of cited documents:</td> <td>*T</td> <td>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>*A</td> <td>document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>*X</td> </tr> <tr> <td>*E</td> <td>earlier document published on or after the international filing date</td> <td>*Y</td> </tr> <tr> <td>*L</td> <td>document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>*Z</td> </tr> <tr> <td>*O</td> <td>document referring to no oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td></td> </tr> <tr> <td>*P</td> <td>document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents:	*T	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	*A	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*X	*E	earlier document published on or after the international filing date	*Y	*L	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Z	*O	document referring to no oral disclosure, use, exhibition or other means		*P	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
* Special categories of cited documents:	*T	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention																		
*A	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*X																		
*E	earlier document published on or after the international filing date	*Y																		
*L	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Z																		
*O	document referring to no oral disclosure, use, exhibition or other means																			
*P	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																			
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report																		
22 APRIL 1998		18 JUN 1998																		
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer RICHARD A. MOLLER Telephone No. (703) 305-4705																		

## フロントページの続き

- (72)発明者 ヒルデブランド, エリック, エム.  
アメリカ合衆国 02172 マサチューセッ  
ツ州 ウォータータウン スプリングフィー  
ルド ストリート 73
- (72)発明者 ナイルス, ランス, シー.  
アメリカ合衆国 01970 マサチューセッ  
ツ州 セーレム イースト ワシントン  
スクウェア 80
- (72)発明者 ワインバーグ, マーク, エス.  
アメリカ合衆国 02192 マサチューセッ  
ツ州 ニーダム ブロード メドウ ロー  
ド 119
- (72)発明者 コーレベニス, アンソニー, エス.  
アメリカ合衆国 01720 マサチューセッ  
ツ州 アクトン ローズブルック ロード  
31